



VI SBQEE

21 a 24 de agosto de 2005

Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 16 7670

Tópico: Qualidade da Energia em Sistemas com Geração Distribuída

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E IMPACTO NA QUALIDADE DE ENERGIA

PAULO RIBEIRO
CALVIN COLLEGE, USA
pribeiro@calvin.edu

FLÁVIA FERREIRA
ONS, BRASIL
flaviam@ons.org.br

FÁBIO MEDEIROS
ONS, BRASIL
fmedeiros@ons.org.br

RESUMO

Este artigo tem como objetivo propiciar as discussões sobre o impacto da Geração Distribuída (GD) na Qualidade de Energia em bases reais e plausíveis. Muitos dos defensores e dos detratores da GD terminam por se enredar em aspectos pouco técnicos ao defenderem seus pontos de vista. Como principal ponto de interesse desse trabalho, vê-se a necessidade de rever definições, e terminologias, esclarecer questões técnicas e procurar dar um tratamento integralizado aos principais aspectos de qualidade de energia, assim como discutir os benefícios e possíveis repercussões negativas da inserção de GD nas redes de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Geração Distribuída, Qualidade de Energia, Tecnologias, Impactos.

1.0 INTRODUÇÃO

Será que podemos afirmar que GD contribui inequivocamente para a melhoria da qualidade de energia e da operação do sistema integrado (transmissão e distribuição)? Sem uma análise detalhada do que significa o termo GD, qual a tecnologia a ser empregada, de que forma é conectada e qual o ponto de conexão na rede elétrica e topologia do sistema, não é possível padronizar uma resposta. Desta forma, este artigo procura esclarecer alguns conceitos, os incentivos atuais, benefícios para a rede e adverte para os cuidados que devem ser tomados ao introduzir-se Geração Distribuída à rede.

Na seção 2.0 são apresentadas as principais definições de GD conforme relatadas na literatura. Na seção 3.0 são apresentadas de forma sucinta as tecnologias de geração distribuída mais comuns, não sendo o foco desse artigo uma explicação detalhada dos aspectos de cada tecnologia. Na seção 4.0, são apresentados as causas que mais tem contribuído para a instalação da geração distribuída. Na seção 5.0, que constitui o foco principal deste trabalho, são apresentados os impactos na qualidade de energia relativos aos vários tipos de tecnologia de geração distribuída. Na seção 6.0. são analisados os aspectos de conexão e proteção. Na seção 7.0 os aspectos de impactos na transmissão e conclui-se o trabalho na seção 8.0.

2.0 DEFINIÇÃO DE GD

É impossível encontrar uma visão única da definição de GD nas referências que tratam deste assunto. O trabalho [1] faz uma coletânea de conceitos na visão de diversas instituições. Para o CIGRÉ, GD engloba unidades de geração com capacidade máxima de 50 a 100 MW, que geralmente são conectadas à rede de distribuição e que não são centralmente despachadas, nem planejadas. Para o IEEE, GD é uma geração ou equipamento de armazenamento de energia com instalações suficientemente pequenas em relação às grandes centrais de geração permitindo sua conexão em um ponto próximo à rede elétrica existente, junto a centros de carga. O Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE [2] refere-se a GD como a geração elétrica produzida próxima ao local onde ela é consumida e possui basicamente duas funções relevantes: como fonte de energia, essencialmente voltada

para atender cargas que lhe são contíguas, seja para autoconsumo industrial ou predial, com ou sem produção de excedentes, seja para suprir necessidades locais de distribuição de energia; ou como reserva descentralizada isto é, como um parque descentralizado capaz de suprir seja as necessidades momentâneas de excesso de demanda (demanda de ponta) ou para cobrir interrupções no fornecimento da rede.

Alternativamente, o termo geração dispersa é também utilizado para descrever sistemas com a geração próxima da carga e a níveis de distribuição. Micro redes, outro termo comumente utilizada no contexto de GD, por outro lado é uma forma de geração distribuída mais isolada da rede de transmissão. A principal desvantagem, contudo é a confiabilidade que tem que suprir toda a carga sem a ajuda do fator de diversidade.

3.0 PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE GD

Esta seção apresenta uma tabela listando as diferentes tecnologias que podem ser usadas para geração de eletricidade de forma distribuída. Não é o propósito desse artigo discutir em detalhes cada uma destas tecnologias, caso seja de interesse do leitor recomenda-se o livro do Jenkis et all. [3].

Tabela 1. – Tecnologias de Geração Distribuída e Características

Tecnologias	Características	Custo por kW instalado (euros) *
PCH	Aproveitamento de pequenos cursos de água.	**
Diesel	Geralmente utilizadas para pequenas unidades de centenas de kW.	1000-2500
Turbina a Gás	Para grandes termelétricas de dezenas de MW.	1000-1250
Célula Combustível	Existem poucos fornecedores comerciais.	4500-20000 (ou mais)
Biomassa	Grande potencial de aplicação no Brasil.	**
Fotovoltaico	Fator de capacidade de 10 a 15% na Europa.	5000-7000
Eólica	É a geração que mais cresce em utilização no mundo.	800-1000 (onshore) 2000 (offshore)

* Valores retirados do documento CIREC Working Group Nº 4 on Dispersed Generation – Preliminary Report for Discussion at CIREC 1999, 2 June.

** Em relação às tecnologias de PCH e Biomassa, onde existe uma maior experiência no Brasil, têm-se os seguintes valores típicos PCH = 600 a 800 euros/kW e Biomassa = 400 a 600 euros/kW, referentes a instalações no Brasil.

4.0 INCENTIVOS À GD

O movimento de liberalização dos mercados de energia que vem acontecendo em alguns países tem induzido o consumidor a procurar por uma maior eficiência na qualidade e continuidade no

fornecimento de energia, e por outro lado os investidores sentem-se atraídos para preencher esta lacuna no mercado de geração. Adicionalmente a GD tem a flexibilidade de implantação em curto espaço de tempo em relação às grandes centrais. Um outro aspecto é a utilização da GD para operação nos horários de ponta, evitando a flutuação no preço da energia, já que as tarifas são na maioria das vezes diferenciadas nestes horários. Ainda no aspecto da tarifa, para os casos em que seu valor cobrado pode ser diferenciado em função da localização da instalação, aumenta o interesse do investidor em implantar sua geração próximo a centros de carga, com claras vantagens para a tecnologia de GD.

A GD introduz alguns benefícios ambientais no que se refere à eficiência energética, inerente à cogeração, capaz de gerar um impacto redutor nas emissões poluentes; e da transformação dos resíduos em energia útil, dando a estes resíduos uma utilização capaz de reduzir as agressões ao meio ambiente (biomassa), além das tecnologias que utilizam as energias renováveis (eólica, solar).

Algumas tecnologias de GD reduzem emissões de CO₂ e, assim, posicionam-se no sentido de auferir recursos internacionais capazes de subsidiar o investimento correspondente através de créditos de carbono.

Com relação aos ganhos sistêmicos, a GD pode reduzir as perdas elétricas, à medida que atende a carga localmente.

A GD cria uma condição auto-regulada de apoio à GC, pois insere no sistema gerações prontas para injetar excedentes na rede ou substituir a ausência de energia, levando a um aumento de confiabilidade no atendimento à carga.

5.0 IMPACTOS NA QUALIDADE DE ENERGIA

A qualidade de energia da rede elétrica pode ser deteriorada por falhas e operações de chaveamento na rede, pela ocorrência de transitórios ou pelos distúrbios causados pela operação de cargas poluidoras, principalmente no que se refere a flicker, harmônicos e desequilíbrio entre fases. A natureza desses distúrbios está relacionada à capacidade de curto-circuito, que corresponde a uma medida da impedância interna, que depende da configuração da rede, impedâncias de seus componentes, potências geradas, etc.

Dependendo da tecnologia de GD empregada, em que ponto do sistema é conectada e do aspecto de qualidade, a inserção de GD pode

contribuir para melhorar ou deteriorar a qualidade de energia.

5.1 - Variações de tensão de longa duração

A Variação de Tensão de Longa Duração (VTLD) é caracterizada pela manutenção do valor eficaz da tensão acima ou abaixo dos limites admissíveis por um período de tempo superior a 1 minuto. A GD pode afetar de forma maléfica ou benéfica a tensão em regime permanente impactando os usuários finais. Quando a GD melhora a regulação de tensão, isto é geralmente denominado de “suporte de tensão”, é comumente citada como um dos benefícios da GD. Entretanto, o suporte de tensão não é de forma nenhuma garantido, e em alguns casos há que se considerar de forma bastante detalhada a atuação da GD de forma a evitar a degradação da tensão.

A GD é usualmente operada no modo de “não controle de tensão”. Neste modo a GD simplesmente fornece potência ativa a um fator de potência constante e a tensão no alimentador muda de acordo com o efeito da inserção de potência.

Quando GD é operada no modo de “controle de tensão” o objetivo é manter a tensão num valor constante.

As principais formas como a GD pode dificultar a regulação de tensão são:

5.1.1. – Tensão Baixa devido a uma GD localizada imediatamente após uma compensação de perdas na linha:

A compensação de perdas na linha (line-drop compensation) é uma técnica comumente aplicada nos LTC's e nos Reguladores de Linha para controlar a tensão na barra de carga de um alimentador. Quando a GD está localizada imediatamente após esta compensação, a corrente observada pelo equipamento é reduzida em função da geração da GD, e isto conduz a falhas no controle da regulação da tensão na barra de carga, levando a subtensão nesta barra.

5.1.2. – Interação com os equipamentos de regulação:

Uma outra área de preocupação é a interação da GD com os equipamentos de regulação. Se a GD tem uma potência ativa gerada variável isto pode mudar a tensão do sistema de forma a causar a operação constante de reguladores de tensão ou de bancos de capacitores reduzindo a vida útil de tais equipamentos ou causar impactos notáveis na qualidade da tensão sob tais condições.

5.2 - Variações de tensão de curta duração

A Variação de Tensão de Curta Duração (VTCD) é caracterizada pela manutenção do valor eficaz da tensão acima ou abaixo dos limites aceitáveis

por um período de tempo entre 0,5 ciclos e 1 minuto. Caso a tensão esteja entre 0,1 pu e 0,9 pu chama-se a esse fenômeno de afundamento de curta duração (SAG) e caso esteja entre 1,1 e 1,8 chama-se elevações de curta duração (SWELL) -variações do valor eficaz de tensão como definido no IEEE 1159, [4].

De forma diferente em relação à VTLD, a GD geralmente não afeta ou influi de forma determinante na ocorrência da VTCD. De forma geral a VTCD é originada nas redes de transmissão e distribuição e pode afetar a tensão da barra na qual cargas e geradores estão conectados.

Durante afundamentos severos, cargas tais como motores de indução tendem a diminuir sua rotação e parar (stall), enquanto as plantas de geração síncronas e assíncronas tendem a acelerar podendo levar a instabilidade. Em ambos os casos a queda de tensão pode causar a abertura de disjuntores e a má operação dos circuitos de controle. Elevações de tensão (SWELLS) são picos transitórios de tensão à frequência industrial, usualmente causados por faltas ou operações de chaveamento na rede, mas são menos comuns do que os afundamentos.

Um exemplo de aplicação de GD é experimentado pela AMD, que é um fabricante de circuitos integrados para computadores e mercados de comunicação. A unidade fabril de microprocessadores da AMD em Dresden na Alemanha, sendo responsável pelo desenvolvimento dos mais velozes microprocessadores da empresa, reportou perdas de muitos milhões de dólares devido a 2 (duas) faltas de energia nos últimos 5 (cinco) anos [5]. Um dos graves problemas que também afetam as fábricas de microprocessadores é a VTCD (afundamentos de tensão). Considera-se que as perdas devido a afundamentos estejam na ordem de 500k a 2M US\$ por evento. Portanto a AMD procurou soluções que abrangessem ambos os aspectos de confiabilidade e qualidade. Na tabela 2. estão relacionados os equipamentos em ordem crescente de eficácia (de baixo para cima), para o combate aos afundamentos investigados pela AMD. Vê-se que não foi considerado de grande valia a inserção pura e simples de unidade de geração para a solução da fábrica de microprocessadores.

Tabela 2. – Soluções para o Sag

Qualida de de	STATCOM / DVR
	CTE*
	Filtros Passivo Ativo

Energia (SAG)	UPS
	Geração: Célula Combustível Turbina a Gás, Cogeração

* - Chave de Transferência Estática

Na tabela 3 estão relacionados os equipamentos em ordem crescente de eficácia (de baixo para cima) para o combate à confiabilidade do suprimento. Observa-se que em relação ao aspecto de interrupção de energia a solução mais eficaz é a introdução de geração no processo fabril.

Tabela 3. – Soluções para a Confiabilidade

Qualidade de Energia (Confiabilidade)	Geração: Célula Combustível Turbina a Gás, Cogeração
	UPS
	CTE*
	STACOM
	Filtros Passivo Ativo

A solução adotada foi uma planta de cogeração que fica ligada diretamente à rede, com um sistema de UPS (Uninterruptible Power Supply), constituindo-se em exemplo de geração distribuída. Vale ressaltar que essa cogeração participa da regulação da tensão e da frequência. A AMD em sua análise de viabilidade econômica levou em consideração os seguintes fatos: necessidade de calor e refrigeração em seu processo; suprimento de gás natural competitivo e confiável; e necessidade de evitar afundamentos e interrupções.

5.3 - Distorções da forma de Onda - Harmônicos

As tecnologias de GD que possuem uma interface baseada em conversores eletrônicos podem introduzir correntes harmônicas na rede. Contudo os pesquisadores em eletrônica de potência para aplicação em sistemas vêm desenvolvendo novos dispositivos, técnicas de chaveamento e topologias para as pontes conversoras que permitam a injeção de ondas de corrente nas redes o mais próximo possível de senoides perfeitas. Quando os geradores convencionais são conectados à rede, podem alterar a impedância harmônica do sistema sendo necessária uma avaliação da resposta dos harmônicos já existentes na rede sob essa nova condição de impedância.

As principais tecnologias conectadas através de conversores são células de combustível e alguns modelos de usinas eólicas.

Sistemas fotovoltaicos também contribuem para a injeção de harmônicos no sistema elétrico. Novas tecnologias de conversão eletrônica baseadas em chaveamentos a altas frequências (pwm) podem reduzir substancialmente os valores das correntes harmônicas de frequências mais baixas. Contudo o impacto dos componentes de altas frequências precisa ser examinado com mais detalhes. Internacionalmente tem se verificado uma tendência de se aumentar os valores permitidos de distorções harmônicas de tensão na rede elétrica. A IEEE 519, em revisão, deve adotar valores semelhantes as normas IEC aumentando o valor da distorção total de tensão (THDV) de 5% para 8% para tensões abaixo de 1kV.

5.4 - Variações da frequência

O desequilíbrio entre demanda e suprimento de energia provoca variações na frequência da rede. Os desvios devem ser de uma grandeza que não ultrapasse uma margem pré-definida, permitindo a operação fluente dos processos industriais e outras cargas que dependem da frequência para um bom funcionamento. Caso essas variações ocorram de forma não controlada será exigido grande esforço do operador da rede para manter as variações de frequência dentro dos limites permitidos.

Dessa forma deve existir uma preocupação por parte da GD na busca de maior eficiência das plantas, para que sua operação evite maiores impactos à operação da rede.

Como exemplo pode ser citado a moratória requisitada ao órgão regulador pelo Operador do Sistema Elétrico Irlandês para que não fossem mais autorizadas nenhuma nova instalação de energia eólica até que novos requisitos e análises fossem executadas. Estas análises, entre outros aspectos, tinham como objetivo avaliar a necessidade de reserva girante para controle de frequência devido à grande quantidade de parques eólicos com instalação planejada [6].

5.5 - Flutuação de tensão (Flicker)

O flicker é descrito como uma variação dinâmica na tensão da rede que pode ser causada tanto pela GD quanto pela carga. A origem do termo é o efeito da flutuação de tensão no brilho das lâmpadas incandescentes e subsequente reclamação dos consumidores. A sensibilidade humana às variações da intensidade da luz é dependente da frequência. O olho humano é mais sensível a variações de tensão em torno de 10 Hz. Os vários padrões internacionais para flicker são baseados nessas curvas de sensibilidade. Tradicionalmente flicker tem sido fonte de preocupações quando da conexão de

grandes cargas flutuantes, tais como, fornos a arco, etc. Entretanto, a preocupação com flicker é de fundamental importância para a GD que: (i) podem parar e iniciar a geração frequentemente (ii) podem estar sujeitos à contínua variação na fonte primária de energia. Alguns tipos de GD que requerem avaliações por causa de seu potencial de geração de flicker, incluem:

- Conexão e desconexão de geradores de indução
- Operação de turbinas eólicas
- Operação de geradores fotovoltaicos.

Flicker é usualmente avaliado sobre um período de 10 min fornecendo uma severidade de curto-prazo “Pst”. O valor do Pst é obtido de séries de tempo de 10 min de medição de tensão da rede usando um algoritmo baseado nas falhas percebidas pelo olho humano na flutuação da intensidade luminosa. Também é calculado um valor de severidade de flicker de longo-prazo “Plt”, utilizando 12 valores de Pst combinados usando a raiz cúbica da soma dos cubos, sobre um período de 2 horas [7].

Para o caso específico de turbinas eólicas foi desenvolvido um método de cálculo simplificado da severidade de flicker que leva em conta os índices de flicker avaliados em medições laboratoriais, as impedâncias da rede a qual está conectada a turbina e sua potência de curto-circuito [8]. Atualmente os únicos limites de flicker determinados no Brasil são os estabelecidos no Procedimento de Rede Módulo 2 – Submódulo 2.2. [9].

5.6 - Desequilíbrio de tensão

Até o momento, a maioria da Geração Distribuída é trifásica e não causa um aumento significativo no desequilíbrio de tensão entre as fases da rede. Entretanto, se sistemas fotovoltaicos domésticos e outros tornarem-se comuns, haverá o problema de balanceamento entre as fases que a empresa de distribuição deverá solucionar, muito mais por do carregamento das linhas do que por cargas adicionais.

Em relação às máquinas trifásicas, principalmente as máquinas de indução, que possuem uma baixa impedância de seqüência negativa, se as tensões terminais estiverem desbalanceadas (acima de 2%), a máquina irá consumir altos valores de correntes, conduzindo a um sobreaquecimento.

Tem sido reportado na literatura a ocorrência de desconexões indesejáveis de pequenos geradores de indução utilizados nas áreas rurais por causa de desbalanceamento de tensão.

Em relação aos conversores de potência estes também respondem de forma negativa ao

desbalanço da tensão terminal, gerando harmônicos não-característicos, podendo estar sujeitos a desconexões indesejáveis. Portanto o desequilíbrio de tensões deve ser acompanhado juntamente com os outros parâmetros de qualidade da energia

5.7 – Sumario de Causas e Soluções

A tabela 4 apresenta uma síntese dos problemas de qualidade indicados no item 5.

Tabela 4. – Sumario do Impacto de DG (causados, minimizados, soluções)

Parâmetro (Qualidade)	Causadas por GD	Minimizadas por GD	Possível solução
VTLD	Subtensão causada por interação de GD com equipamentos de regulação existente	GD pode contribuir c/ suporte de tensão	Coordenação entre GD e os equipamentos existentes
VTCD	-	Exemplo da AMD que solucionou problemas de SAG c/ uso de cogeração	-
Harmônicos	GD c/ interface baseada em eletrônica de potência		Uso de tecnologia de conversores mais eficientes e/ou filtros
Variação de frequência	GD com geração intermitente		Requisitos adequados e avaliação da necessidade de reserva girante
Flicker	Conexão e desconexão de geradores de indução, operação de eólicas e geradores fotovoltaicos	-	STATCOM
Desequilíbrio entre fases	Conexão de GD monofásicos	-	Balanceamento entre fases
Interrupções momentâneas	-	Flywheels células combustíveis	-

6.0 ASPECTOS DE CONEXÃO E PROTEÇÃO

6.1 Sobreensões

Os cuidados com a conexão da GD são fundamentais para evitar danos à rede elétrica e, simultaneamente, não comprometer a segurança do consumidor e dos técnicos das empresas de eletricidade envolvidos em tarefas de manutenção e reparação. Um dos aspectos que Barker [10] salientou foi a escolha correta do transformador de acoplamento da GD à rede, para evitar sobreensões durante faltas à terra. Uma situação possível seria a consideração de uma falta fase-terra em uma rede de distribuição trifásica que possui uma GD conectada

diretamente à rede através de um transformador Y_T (lado de baixa)- Δ (lado de alta). Após atuação da proteção da subestação alimentadora, o ponto de falta poderia ficar isolado com a GD ainda conectada à rede levando as cargas que estiverem conectadas desse lado do sistema a ficarem submetidas subitamente a tensões entre fase e neutro de 1,73 vezes a tensão pré-falta. Essa sobretensão pode ser atenuada caso a potência da GD seja pequena em relação à carga isolada.

Alguns cuidados podem ser tomados evitando essas sobretensões, como o uso de um transformador de acoplamento para a GD efetivamente aterrado do lado de alta, ou instalação de proteção que ao detectar a falta a terra, desconecte a GD não permitindo o ilhamento desta com a carga sob condição de tensões elevadas.

Certos tipos de transformadores são conectados de modo a não permitir nenhum caminho de seqüência zero (X_0 e R_0 com valor infinito) do seu lado de alta (lado de atendimento à carga), como exemplo os transformadores com enrolamento delta do lado de alta, onde a GD é vista como uma fonte não aterrada pela carga. A configuração do transformador que permite um aterramento eficiente da GD em relação à carga é o Y_T do lado de alta. Outra forma de sobretensão que pode ocorrer, nos casos de ilhamento da GD com a carga, são as resultantes de ressonância entre a reatância subtransitória do gerador (de indução) e os capacitores da rede. A ressonância também pode ocorrer em forma de ferorrressonância, que resulta da interação entre a reatância de magnetização não-linear dos transformadores e outros dispositivos magnéticos e a capacitância do sistema. A melhor forma para prevenir a ocorrência de ferorrressonância é garantir que a GD possua proteção confiável e rápida o suficiente para que não permita sua operação em ilha com grandes bancos de capacitores.

A inserção em grande escala de GD pode levar a mudança no sentido do fluxo nas linhas reduzindo a efetividade dos esquemas de proteção existentes, exigindo uma avaliação da proteção e adoção de novas proteções.

Nos casos onde a GD é instalada para permitir operação em ilha com parte da carga, alguns cuidados devem ser tomados para não permitir que nenhuma potência seja suprida ao restante da rede desenergizada evitando acidentes e quando a rede voltar a operação, a GD deve ser sincronizada com a tensão da rede.

6.2 Padrões / Normas Para Conexão

Em diversos países [11] estão sendo estudados requisitos específicos para conexão de GD às redes elétricas. A publicação IEEE Standards 1547 "IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems" [12] é um exemplo que estabelece alguns requisitos gerais para conexão de GD. Embora seja um documento que ainda está em aperfeiçoamento, já dá uma boa idéia de aspectos elétricos e testes que devem ser observados para a implantação de GD. Ou seja, estabelecem requisitos referentes à regulação de tensão, sincronização, proteção, qualidade de energia, ilhamento, testes necessários para conexão da GD à rede, comissionamento, etc.

7.0 IMPACTO NO SISTEMA DE TRANSMISSAO

Como aspectos favoráveis da implantação da GD no sistema de transmissão tem-se [13]:

- Redução das perdas na malha de transmissão;
- Redução da dependência de fontes de mesma natureza – diversidade tecnológica;
- Redução da dependência de importação de energia em algumas regiões;

Por outro lado, existem os aspectos que merecem atenção:

- Aumento da Reserva girante, em função da intermitência de algumas fontes;
- Comprometimento do despacho otimizado, dependendo do nível de penetração da GD, em função da operação das Usinas hidráulicas em faixas de baixo rendimento;

Como o sistema de transmissão tem que garantir o despacho de diversos cenários de plantas de geração em operação, incluindo cenários sem e com GD, não haverá grande impacto na expansão da transmissão. No entanto a partir de um grau de penetração maior que 30%, poderão ser necessárias medidas operativas e equipamentos adicionais para controle de tensão em carga mínima, caso seja necessário ou obrigatório absorver a geração dessas fontes.

8.0 CONCLUSÕES

Considerando que o termo geração distribuída está sendo usado na literatura para designar de forma abrangente vários tipos de tecnologia e potência de geração, entende-se que este conceito deve ser utilizado de forma didática e simplificada. Considera-se que a definição desse termo de forma precisa, não seja de grande interesse. O termo "geração distribuída" tem o

principal papel de facilitar o agrupamento sob um único conceito das várias formas de geração.

Vê-se que as principais causas do crescimento da GD em vários países deve-se à procura pela qualidade e continuidade no fornecimento de energia.

Mesmo considerando que existam incentivos técnicos-econômicos e incentivos políticos à instalação de “pequenas” centrais geradoras, não podem ser esquecidos os impactos que esse tipo de geração pode trazer para o sistema de energia elétrica. Esses impactos devem ser avaliados e considerados caso a caso para cada inserção. Como relatado, os impactos dependem principalmente de quatro fatores: o tipo de tecnologia de geração empregada; o ponto de conexão ao sistema de energia elétrica (topologia); a forma de conexão e o grau de inserção.

Alguns outros aspectos técnicos e econômicos merecem atenção, por exemplo: a obtenção de créditos pela emissão evitada de CO₂, através das renováveis; a previsibilidade de oferta de energia com importância para gestão da operação do sistema elétrico, tornando-se um fator que exige cuidados especiais devido a aleatoriedade fontes energéticas (caso das eólicas), comprometimento da produção de energia devido à eventuais preços favoráveis de outras commodities associadas ao processo produtivo (ex: açúcar e álcool, em detrimento à biomassa).

A conclusão principal desse trabalho é demonstrar que a forma como tem sido discutidas, até o momento, as questões de qualidade devido à inserção de GD, não abordam todas as especificidades. Cada caso deve ser avaliado de forma particular e levando em consideração todos os aspectos de qualidade de energia levantados nesse trabalho.

9.0 REFERÊNCIAS

- [1] Pepermans G., Driesen J., Haeseldonckx D, Belmans R., D'haeseleer W., “*Distributed generation: definition, benefits and issues*”, Energy Policy, 2005.
- [2] INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética, “*Geração Distribuída – Um Negócio e um Complemento a Geração Centralizada*”, 2004.
- [3] Jenkins N., Allan R., Crossley P., Kirschen D., Strbac G., “*Embedded Generation*”, IEE – Power and Energy Series 31, 2000.
- [4] IEEE, *Recommended Practice for the Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Std. 1159-1995, June 1995.
- [5] Dan Smith, P. E., “*Mitigating Short Voltage Sags with Cogeneration - Improving Power Quality & Reliability*” Power Quality 2000 Conference, Boston, MA, 5 Oct. 2000.
- [6] ESB National Grid, “*Impact of Wind Power Generation In Ireland on the Operation of Conventional Plant and the Economic Implications*”, February 2004.
(<http://www.eirgrid.com/EirgridPortal/>)
- [7] IEC - International Electrotechnical Commission 61000-4-15 (1997), Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques—Section 15: Flickermeter—Functional and design specifications,”.
- [8] IEC - International Electrotechnical Commission 61400-21 (2001-First edition), Wind turbine generator systems – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines”.
- [9] ONS, *Procedimento de Rede, Módulo 2.Submódulo 2.2 – Padrões de Desempenho da Rede Básica*, 2002.
- [10] Barker P., “*Overvoltage Considerations in Applying Distributed Resources on Power Systems*” – Reprinted from IEEE PES Summer PowerMeeting, 2002.
- [11] Kumpulainen L., Komulainen R., “*General Overview on Issues Related to the Connection of DG in the Network*” – Project Report – VTT, Finland, 2002.
- [12] IEEE, “*IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems*” – 1547, 2003.
- [13] Batista Silva J., “*GD e a Estabilidade.....Integrando GD a Rede - A visão do Operador da Rede*”, VII Seminário de Geração Distribuída - INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética, Rio de Janeiro, 14-09-2004.

